

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

**CARACTERIZACIÓN DE LAS INFECCIONES ASOCIADAS A MATERIAL DE
OSTEOSÍNTESIS UTILIZADO EN CIRUGÍA DE TRAUMATOLOGÍA**

MONOGRAFÍA

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Médicas de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

María José de la Esperanza Barrios Bobadilla

Médico y Cirujano

Guatemala, octubre de 2022

El infrascrito Decano y la Coordinadora de la Coordinación de Trabajos de Graduación –COTRAG-, de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, hacen constar que la estudiante:

1. MARÍA JOSÉ DE LA ESPERANZA 201600709 2992233450101
BARRIOS BOBADILLA

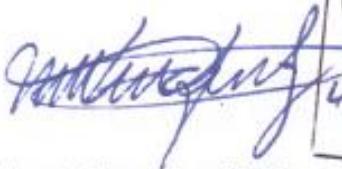
Cumplió con los requisitos solicitados por esta Facultad, previo a optar al título de Médico y Cirujano en el grado de licenciatura, habiendo presentado el trabajo de graduación, en modalidad de monografía titulada:

CARACTERIZACIÓN DE LAS INFECCIONES ASOCIADAS A MATERIAL DE OSTEOSÍNTESIS UTILIZADO EN CIRUGÍA DE TRAUMATOLOGÍA

Trabajo asesorado por el Dr. Ingo Fernando Chang Má y, revisado por el Dr. Byron Leonel López Maldonado, quienes avalan y firman conformes. Por lo anterior, se emite, firma y sella la presente:

ORDEN DE IMPRESIÓN

En la Ciudad de Guatemala, el once de octubre del año dos mil veintidós


Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom
Coordinadora




Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva. PhD
Decano

La infrascrita Coordinadora de la COTRAG **de la Facultad de Ciencias Médicas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala**, HACE CONSTAR que la estudiante:

1. MARÍA JOSÉ DE LA ESPERANZA 201600709 2992233450101
BARRIOS BOBADILLA

Presentó el trabajo de graduación en modalidad de monografía, titulada:

CARACTERIZACIÓN DE LAS INFECCIONES ASOCIADAS A MATERIAL DE OSTEOSÍNTESIS UTILIZADO EN CIRUGÍA DE TRAUMATOLOGÍA

El cuál ha sido revisado y aprobado por el **Dr. César Osvaldo García García**, profesor de la COTRAG y, al establecer que cumple con los requisitos solicitados, se le **AUTORIZA** continuar con los trámites correspondientes para someterse al Examen General Público. Dado en la Ciudad de Guatemala, el diez de octubre del año dos mil veintidós.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Dra. Magda Francisca Velásquez Tohom
Coordinadora



COORDINACIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN
-COTRAG-



Guatemala, 11 de octubre del 2022

Doctora
Magda Francisca Velásquez Tohom
Coordinadora de la COTRAG
Presente

Le informo que yo:

1. MARÍA JOSÉ DE LA ESPERANZA BARRIOS BOBADILLA

Presenté el trabajo de graduación titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE LAS INFECCIONES ASOCIADAS A MATERIAL
DE OSTEOSÍNTESIS UTILIZADO EN CIRUGÍA DE TRAUMATOLOGÍA**

Del cual el asesor y el revisor se responsabilizan de la metodología, confiabilidad y validez de los datos, así como de los resultados obtenidos y de la pertinencia de las conclusiones y recomendaciones propuestas.

FIRMAS Y SELLOS PROFESIONALES

Asesor:
Dr. Ingo Fernando Chang Má

Revisor:
Dr. Byron Leonel López Maldonado
Registro de personal: 20160862

Dr. Byron Leonel López Maldonado
Traumatología y Ortopedia
Colegiado 8344



De la responsabilidad del trabajo de graduación:

El autor o autores es o son los únicos responsables de la originalidad, validez científica, de los conceptos y de las opiniones expresadas en el contenido del trabajo de graduación.

Su aprobación en ningún momento o de manera alguna implica responsabilidad para la Coordinación de Trabajos de Graduación -COTRAG-, la Facultad de Ciencias Médicas y para la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-.

Si se llegara a determinar y comprobar que se incurrió en el delito de plagio u otro tipo de fraude, el trabajo de graduación será anulado y el autor o autores deberá o deberán someterse a las medidas legales y disciplinarias correspondientes, tanto de la Facultad, de la Universidad y otras instancias competentes.

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios quien me dio la capacidad de soñar y la posibilidad de ver realizado uno de mis más grandes anhelos. A mi familia, por haberme acompañado en mis momentos felices y difíciles, por ser ejemplo de superación, por haberme acompañado de manera incondicional y por haberme formado con valores para ser la persona que soy ahora. A mis maestros, quienes a través de su carrera inspiraron lo que algún día quería lograr; por haberme enseñado y motivado para alcanzar mis metas y ser mejor cada día.

María José de la Esperanza Barrios Bobadilla

AGRADECIMIENTO

A Dios: por darme la vida y la sabiduría para lograr cada una de mis metas, por permitirme elegir una profesión para retribuir al prójimo y hacer el bien.

A mis padres: quienes me han apoyado incondicionalmente, me han brindado consuelo, y sobre todo que a través de personas de bien y servicio me han forjado en la persona que soy hoy en día.

A mis amigos: a quienes estuvieron para celebrar los logros y me apoyaron durante los momentos difíciles, y que fueron de importante influencia para culminar esta etapa. En especial, a Mario Roberto Orellana Duarte.

A la Universidad San Carlos de Guatemala: que me permitió estudiar la carrera de médico y cirujano, es mi turno de retribuir al pueblo de Guatemala.

A mis asesores: que gracias a su sabiduría y paciencia lograron guiarme a través de este proceso para culminar con éxito mi trabajo de graduación. Infinitas gracias a Dr. Ingo Chang, Dr. Byron López y Dr. César García.

ÍNDICE

Prólogo

Introducción II

Objetivos IV

Métodos y técnicas VI

Contenido temático

Capítulo 1. Características de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis 1

Capítulo 2. Manejo terapéutico 11

Capítulo 3. Medidas preventivas 21

Capítulo 4. Análisis de la información 27

Conclusiones 31

Recomendaciones 33

Referencias bibliográficas 35

Anexos 45

PRÓLOGO

En Guatemala, como en otros países, anualmente se realizan innumerables intervenciones quirúrgicas relacionadas a traumatismos y accidentes automovilísticos (auto, moto, autobuses y otros), en las cuales se utiliza diferente material de osteosíntesis para realizar dichos procedimientos; muchos de estos son provocados por traumatismos de alta energía, por lo que se producen fracturas complejas y, en muchos de los casos, expuestas, que ameritan tratamientos especiales.

En los departamentos de Traumatología y Ortopedia de los Hospitales Nacionales y del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), se implementan todos los tratamientos y están a la vanguardia, no tienen nada que envidiar al resto del mundo. Existe infinidad de implantes de diferentes marcas y calidades, que indistintamente provocan rechazo del cuerpo, ya que actúan como un cuerpo extraño. Todo esto trae implicaciones económicas y familiares, tanto para los pacientes como para el presupuesto de los hospitales, por la alta demanda de insumos (estancia hospitalaria, uso de quirófano, antibióticos y seguimiento), la cual se ve reflejada tanto en dinero como en tiempo que se dedica a cada paciente con rechazo del material, así como pacientes que presentan infecciones subsecuentes. Las osteosíntesis y los procedimientos que se realizan, así como los protocolos de tratamiento son de forma estándar en todo el mundo y Guatemala no es la excepción.

Es necesario realizar un manejo multidisciplinario y un abordaje terapéutico que coordine la antibioticoterapia y las estrategias quirúrgicas para controlar las infecciones asociadas a material de osteosíntesis. Sin embargo, el paso más importante para reducir la incidencia de esta complicación es desde un enfoque de la prevención. El trabajo de monografía es el resultado de una revisión bibliográfica y la síntesis de la información; está organizada en cuatro capítulos, siendo el último un análisis de la información. La revisión bibliográfica es adecuada y refleja lo antes expuesto de forma clara y comprensible.

Dr. Ingo Fernando Chang Má

Traumatólogo y Ortopedista

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, anualmente, se realizan múltiples cirugías en traumatología utilizando material de osteosíntesis para la consolidación de fracturas. Esto ha provocado, consecuentemente, un aumento en el número de infecciones relacionadas al uso de estos materiales, a pesar del uso profiláctico de antibióticos y de las mejoras en los protocolos de asepsia y antisepsia utilizados actualmente en las instituciones.¹ Se calcula que la incidencia de infecciones depende del tipo de fractura; en fracturas cerradas es del 1-2% y en fracturas abiertas su incidencia puede ser de hasta el 30%.² Esta es una complicación que debe ser considerada como severa, ya que puede provocar mayor morbilidad, que incluye una mal unión, la pérdida de función, la progresión a osteomielitis crónica e incluso la amputación de la región afectada.²

El riesgo de infección es indisoluble del uso de material de osteosíntesis, ya que al utilizar un cuerpo extraño se reduce la cantidad mínima de inóculo que podría provocar una infección. Además, ciertos agentes etiológicos, como *Staphylococcus Aureus*, poseen la capacidad de crear una biopelícula sobre el implante y así favorecer la infección local.¹ Además, existen factores de riesgo del paciente que predisponen a desarrollar esta infección, algunos de los cuales son modificables, por lo que se pueden proponer medidas preventivas para disminuir la incidencia de esta complicación.³

Además, de significar mayor morbilidad y riesgo de mortalidad, también, significan un impacto económico a los sistemas de salud. Estudios realizados en Estados Unidos de Norteamérica estiman que el costo que representa un paciente diagnosticado con infección asociado a material de osteosíntesis, incluyendo tratamiento médico y quirúrgico durante la totalidad de esta complicación, es en promedio de US \$ 15 000, un costo mayor al verse implicados los clavos intramedulares comparado a los fijadores externos.⁴

El manejo de estas infecciones suele ser un reto, ya que las pruebas diagnósticas no suelen ser específicas o son de difícil obtención, ya que para un correcto diagnóstico microbiológico es necesario tomar cultivos durante el intraoperatorio.² Por lo que es necesario una suma de criterios sugestivos para realizar un diagnóstico adecuado y tomar decisiones terapéuticas apropiadas. Un retraso en el diagnóstico puede aumentar más la morbilidad y la necesidad de múltiples cirugías⁵. Diferentes opciones terapéuticas han sido descritas para el manejo de esta

complicación, desde el uso de antibióticos sistémicos, lavados y desbridamientos y uso de terapia con presión negativa.⁶ Los objetivos del tratamiento no buscan conservar el implante, si no lograr la consolidación de la fractura con un hueso sano, preservar tejidos blandos y mantener su función.²

Por lo anteriormente expuesto, se identificó la necesidad de caracterizar las infecciones asociadas a material de osteosíntesis en cirugía de traumatología, con la identificación de los factores de riesgo que juegan un rol importante en su desarrollo; qué tipo de fractura se ve implicada con más frecuencia; patógenos asociados y, finalmente, las opciones terapéuticas y preventivas disponibles.

Para esto se realizó una monografía de compilación por medio de una investigación documental que utiliza distintas bases de datos, con el fin de responder la pregunta principal de investigación: ¿cuáles son las características de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis, utilizado en cirugías de traumatología? Las fuentes bibliográficas fueron organizadas en una matriz consolidativa y se sintetizó la información por medio de fichas electrónicas. Finalmente, se realizó un análisis teórico de la información para elaborar el contenido temático de la presente monografía de compilación.

El presente trabajo permitió concluir que las infecciones asociadas a material de osteosíntesis poseen múltiples factores de riesgo que aumentan el riesgo de su desarrollo y su incidencia aumenta sobre todo en fracturas abiertas. Además, se concluyó que el agente etiológico más prevalente en este tipo de infecciones es *Staphylococcus Aureus*, y por su capacidad de formar una biopelícula requiere de un abordaje especializado.

OBJETIVOS

General

- Describir cuales son las características de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis en traumatología.

Específicos

1. Identificar factores de riesgo, modificables y no modificables, que aumentan el riesgo de infecciones asociadas a material de osteosíntesis utilizado en cirugía de traumatología.
2. Determinar qué fractura se complica más frecuentemente con infecciones asociadas a material de osteosíntesis utilizado en cirugía de traumatología.
3. Establecer qué patógeno se asocia con más frecuencia en las infecciones asociadas a material de osteosíntesis utilizado en cirugía de traumatología.
4. Enlistar las opciones terapéuticas y preventivas que se pueden implementar para reducir las infecciones asociadas a material de osteosíntesis utilizado en cirugía de traumatología.

MÉTODOS Y TÉCNICAS

Se realizó una monografía de compilación, con un diseño tipo descriptivo. Se recolectaron artículos científicos por medio de una investigación documental acerca de infecciones asociadas al uso de material de osteosíntesis, utilizando los recursos de información en línea en el metabuscador Google Scholar y las distintas bases de datos, que incluyen: BIREME, ESCOB, HINARI, PubMed y Scielo, entre otras; también, se realizó una búsqueda bibliográfica a partir de libros relacionados con infecciones en Traumatología y Ortopedia.

Se realizó una búsqueda general, primero; y, luego, para facilitar la búsqueda de información, se hizo uso de los Descriptores de Ciencias de la Salud (DeCS) y Medical Subject Headings (MeSH) para filtrar los artículos con base en el tema de investigación. Los términos de búsqueda utilizados están expuestos en la “Tabla de términos de búsqueda para infecciones asociadas a material de osteosíntesis” en el anexo 1. Como parte de los criterios de inclusión, se tomaron en cuenta artículos y libros, en español e inglés, publicados alrededor del mundo, dentro de los años 1990-2022.

Las fuentes bibliográficas fueron organizadas en una matriz consolidativa, divididas por el tipo de estudio recolectado. Se hizo uso del gestor bibliográfico Zotero. Para sintetizar la información se utilizó la herramienta de notas electrónicas disponible en Zotero.

Finalmente, se logró la recopilación de 80 fuentes bibliográficas que cumplían los criterios de inclusión para realizar el análisis de la información y la redacción del contenido temático expuesto en la presente monografía, el cual está organizado en cuatro capítulos que responden a los objetivos específicos de la investigación.

CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS INFECCIONES ASOCIADAS A MATERIAL DE OSTEOSÍNTESIS

SUMARIO:

- Definición
- Clasificación
- Incidencia
- Factores de riesgo
- Agentes etiológicos

Las infecciones asociadas a material de osteosíntesis son la principal complicación del uso de estos materiales y una de las más temidas luego del tratamiento de las fracturas por su morbilidad y mortalidad; a continuación, se describen las principales características de las infecciones desde su definición y otras características claves para facilitar posteriormente el análisis de la caracterización de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis.

1.1 Definición

Durante muchos años no existió una definición para las infecciones asociadas a material de osteosíntesis, se utilizaron y adoptaron conceptos como intercambiables a las infecciones asociadas a prótesis ortopédicas. Sin embargo, por diferencias en el manejo y objetivos terapéuticos, en el año 2018 durante un consenso internacional de la fundación *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (AO) se estableció una definición más precisa.²

1.1.1 Infección asociada a material de osteosíntesis

Se define como una infección asociada a material de osteosíntesis a la presencia de infección, clínica o subclínica, que ocurre luego del tratamiento de una fractura por medio de material de osteosíntesis o de fijación interna.⁷

Existen cuatro formas diferentes para definir la presencia de una infección asociada a material de osteosíntesis. La primera se define como la presencia de una fístula que comunica el dispositivo con el exterior; la segunda forma es con la presencia de un cultivo microbiológico positivo de por lo menos dos muestras de tejidos obtenidos durante la cirugía o de un aspirado articular; la tercera es por la confirmación histopatológica de patógenos en una muestra de tejido, y la cuarta forma es por la evidencia de material purulento durante la cirugía o que drena de la herida quirúrgica.^{5, 2}

1.2 Clasificación

1.2.1 Segundo el tiempo de presentación

Las infecciones asociadas a material de osteosíntesis se pueden dividir según el tiempo en el que se presenta y desarrolla la infección, esto puede orientar la posible vía de contaminación y el posible agente etiológico implicado.

Se clasifican como tempranas aquellas que ocurren dentro de las primeras tres semanas luego de la cirugía, ocurren por contaminación durante la cirugía y usualmente son responsables microorganismos muy virulentos; suelen manifestarse con un cuadro de fiebre súbita, dolor, hipertermia local, retraso en la cicatrización, edema y eritema en el sitio intervenido.^{2, 6}

Se clasifican como medias aquellas que se presentan de 3 a 10 semanas luego del procedimiento quirúrgico, son responsables microorganismos menos virulentos, y suelen presentar signos clínicos de infección como los presentados en infecciones tempranas o tardías.^{2, 6}

También, se pueden clasificar como tardías aquellas que ocurren luego de 10 semanas, estas ocurren por diseminación hematógena o por una infección temprana que no fue resuelta adecuadamente, usualmente se ven implicados agentes etiológicos de baja virulencia, estas suelen presentarse con fiebre insidiosa, edema, dolor de inicio gradual y restricción del rango de movilidad.^{2, 5}

1.2.2 Clasificación según la profundidad

Se puede aplicar la clasificación para infecciones del sitio quirúrgico del Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) para clasificar la profundidad de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis. Se consideran como superficiales aquellas que están limitadas a la piel o tejido celular subcutáneo. Se consideran como infecciones profundas las que cumplen con al menos uno de los siguientes criterios: infección que penetra la fascia y músculo, que presenta un exudado persistente, dehiscencia de la herida operatoria o un absceso local.⁸

1.3 Incidencia

El riesgo de infección luego de la fijación interna de una fractura utilizando material de osteosíntesis varía del 0.4% hasta el 16.1% según el tipo de fractura, abierta o cerrada, y la localización anatómica de la fractura.⁹

Las fracturas abiertas suelen presentar un mayor riesgo, ya que suele haber un mayor grado de contaminación y por el mayor daño a tejidos blandos, pudiendo alcanzar una incidencia tan alta como el 30%.² En la siguiente tabla se expone la clasificación propuesta por el Dr. Gustilo y Anderson es la más utilizada para clasificar las fracturas abiertas. Toma en cuenta el tamaño de la herida, grado de contaminación y la lesión de tejidos blandos y óseos. Con base en la clasificación asignada a la fractura, se puede calcular la incidencia de fracturas que se complican con infección, para una fractura tipo I el riesgo es mínimo (0-2%), tipo II presenta un riesgo moderado (2-7%), y para el tipo III existe un riesgo alto, de hasta el 50%.^{10,11}

Tabla 1.1 Clasificación de fracturas abiertas Gustilo y Anderson

TIPO	MECANISMO	ENERGÍA	HERIDA	RIESGO DE INFECCIÓN	DAÑO A TEJIDOS BLANDOS	RASGO DE LA FRACTURA	COBERTURA DE TEJIDOS BLANDOS	PRONÓSTICO
1	Indirecto	Baja	1 cm	Mínima (0-2%)	Mínimo	Simple		
2	Directa	Moderada	1-5 cm	Moderada (2-7%)	Moderado, con daño muscular	Simple o poca conminución		
3	Directa	Alta	5 cm	Alta	Aplastamiento	Conminuto, desplazada		50% se infecta
3A				7-10%		Conminuto, desplazada	Bien cubierta	
3B				10-25%	Denudación perióstica y exposición ósea	Conminuto, desplazada	Requiere injertos o colgajos	
3C				25-50%	Lesión arterial que requiere reparación quirúrgica	Conminuto, desplazada		50% termina en amputación

Fuente: elaboración propia, adaptado de Orrego et al¹⁰

Específicamente, en las fracturas del miembro inferior, la incidencia es del 5%, pero para fracturas abiertas con daño severo a tejidos blandos este riesgo puede ser tan alto como el 10%.¹² El Departamento de Ortopedia del Hospital Universitario de Hebei en China realizó un estudio prospectivo de pacientes con fractura distal de fémur que fueron tratados mediante reducción abierta y fijación interna con material de osteosíntesis, tomando en cuenta una población de 364 pacientes entre octubre de 2014 y diciembre de 2018. La incidencia reportada de infecciones luego de un año de seguimiento fue del 6%, de las cuales un 2.4% fueron infecciones superficiales y un 3.6% infecciones profundas.⁸

La expectativa a largo plazo es que la incidencia de infecciones aumente, ya que cada vez son más los procedimientos que utilizan material de osteosíntesis, y la población presenta múltiples factores de riesgo que pueden favorecer el desarrollo de una infección.¹²

1.4 Factores de riesgo

Conocer los factores de riesgo que favorecen el desarrollo de una infección asociada a material de osteosíntesis o que complican su resolución es importante ya que a partir de estos se originan las estrategias preventivas.⁸ Estos pueden ser modificables o no modificables.

Los factores de riesgo que se han visto más frecuentemente implicados en el desarrollo de una infección asociada a material de osteosíntesis son antecedente médico de infección postquirúrgica previa, que exista un alto riesgo quirúrgico determinado por la clasificación de la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA) y que exista inmunocompromiso por enfermedades como el cáncer o por el uso de medicamentos inmunosupresores.⁵ Los pacientes con inmunocompromiso pueden presentar un cuadro clínico atípico e insidioso y con gérmenes de crecimiento lento.⁷

1.4.1 Modificables

Uno de los factores de riesgo modificables que se ve frecuentemente asociado con un riesgo mayor de infección es el tabaquismo, también, se ha visto implicado con mayor riesgo de reinfección luego de un régimen antibiótico adecuado.¹² Además, el cese preoperatorio del hábito tabáquico reduce en un 49% el riesgo relativo de infección.⁶

La colonización por *Staphylococcus aureus* se ha visto frecuentemente implicado en el desarrollo de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis, investigaciones han reportado que un 20% de la población es portador crónico y un 60% lo presenta de manera transitoria. Las narinas son el sitio¹⁴ Esto ha impulsado medidas preventivas como de descolonización preoperatoria, sobre todo en grupos de riesgo como adultos mayores y en pacientes con antecedentes de ingresos hospitalarios.^{3, 13}

Otro factor de riesgo que ha sido frecuentemente estudiado como predictor del desarrollo de infecciones luego de la fijación interna de fracturas son los niveles de las proteínas albúmina y globulina, un nivel bajo de la relación albúmina/globulina (A/G) es considerado como un factor de riesgo, y por lo contrario un nivel alto es considerado como protector.⁸ La razón de la protección es ya que la albúmina es absorbida por las superficies del material de osteosíntesis, y presenta efectos inhibidores para la adhesión bacteriana; esto, también, explica la razón de porque la malnutrición es considerada un factor de riesgo.¹⁵

Las enfermedades metabólicas como diabetes mellitus, hipertiroidismo o insuficiencia hepática son frecuentemente presentadas como comorbilidades en los pacientes con fracturas. La diabetes mellitus particularmente incrementa el riesgo tres veces más que en pacientes sin esta comorbilidad.¹⁶

Un estudio realizado por el Departamento de Ortopedia y Traumatología del Hospital Universitario de Freiburg, Alemania, utilizó el índice de comorbilidad de Charlson para evaluar si las comorbilidades eran un factor de riesgo para la curación o resolución de la infección. Para esto se dividió la población de pacientes en dos grupos, aquellos con un índice igual a 0 (78%) y aquellos que presentaban un índice mayor a 0 (22%). Los resultados fueron que aquellos que no presentaban comorbilidades resolvieron la infección satisfactoriamente en un 82%, y aquellos con comorbilidades fueron curados en un 67%, concluyendo que no existe una diferencia estadística significativa para la curación de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis.¹⁷ Este resultado es concordante con la literatura, que concluye que no existe una asociación significativa.⁵

Existen otros factores de riesgo relacionados directamente con el tratamiento de las fracturas, que favorecen el desarrollo o aumentan el riesgo de las infecciones asociadas al material de osteosíntesis. Entre ellas se pueden enlistar:

- Tipo de fractura según la clasificación de Gustilo y Anderson para fracturas abiertas, es considerado el predictor más significativo, siendo más alto el riesgo entre mayor es el tipo según la clasificación.¹⁸
- Retrasar la administración de antibióticos profilácticos por más de 6 horas en una fractura abierta.⁷
- Debridación quirúrgica realizada por un cirujano con poca o nula experiencia.⁷

- Tiempo quirúrgico prolongado. ⁷
- Cantidad elevada de personal en el quirófano. ¹⁹
- Utilizar múltiples implantes quirúrgicos, injertos de hueso, aloinjertos u otro tipo de material considerado cuerpo extraño. ⁷
- Utilizar drenajes quirúrgicos durante un tiempo prolongado. ⁷
- Uso de transfusiones sanguíneas. ⁷
- Conteo de glóbulos blancos, niveles proteína C reactiva y velocidad de sedimentación elevados al momento del diagnóstico son considerados como un factor de riesgo independiente. El riesgo se puede reducir si estos son normalizados preoperatoriamente.¹⁸

1.4.2 No modificables

Investigaciones han determinado que existe un riesgo mayor para desarrollar infecciones en países con desarrollo intermedio o en vías de desarrollo, esto secundario a que existen protocolos menos rigurosos para la esterilización de los quirófanos y por lo tanto mayor prevalencia de patógenos nosocomiales.²⁰

Factores como la edad y localización de la fractura no poseen asociación significativa que incremente el riesgo de desarrollar una infección asociada a material de osteosíntesis.¹⁸ Otros estudios han reportado una mayor incidencia en pacientes mayores de 60 años, pero se asocia a que esta población presenta mayor cantidad de comorbilidades que otros grupos etarios.¹⁷

Se considera que el sexo masculino posee mayor riesgo de desarrollar una infección asociada a material de osteosíntesis que el sexo femenino, se sugiere que esto es debido a que los pacientes masculinos poseen mayor incidencia de colonización por *S.Aureus*.²¹

1.5 Agentes etiológicos

Es imposible disociar el riesgo de infección con el uso de material de osteosíntesis, ya que al ser un cuerpo extraño que se introduce en el cuerpo humano, se reduce más de 100.000 veces la cantidad mínima de microorganismos para desarrollar una infección. Además, luego de un

trauma, existe un área de inmunodepresión local que es vulnerable a la colonización de agentes patógenos.¹⁴

1.5.1 Incidencia microbiológica

Los microorganismos implicados en estas infecciones son con mayor frecuencia aerobios Gram positivos. El género *Staphylococcus* es el responsable de la mayoría de las infecciones (80%), tanto para infecciones tempranas, mediatas y tardías.²² Las especies *S. epidermidis* y *S.aureus* son los agentes aislados más frecuentemente en la formación de biopelículas sobre el material de osteosíntesis. Un 16% de las infecciones son polimicrobianas, sobre todo en fracturas abiertas. Existen bacterias que residen en el suelo como *Clostridium*, y en el agua como *Aeromonas* que por su alta virulencia pueden causar infecciones necrotizantes.⁷ El resto de las infecciones son causadas por microorganismos menos frecuentes como *Pseudomonas Aeruginosa*, *Corynebacterium* y *Enterococcus Faecalis*.^{13, 14, 17} En los últimos años, también, se ha visto un incremento de la bacteria *Cutibacterium acnes* en los cultivos microbiológicos, la cual a pesar de ser parte de la microbiota puede causar infecciones asociadas a material de osteosíntesis por su capacidad de producir biopelícula; sin embargo, también, se ha aislado en pacientes asintomáticos sin signos de infección por lo que su detección microbiológica debe ser correlacionada con el caso específico del paciente para evitar tratamientos innecesarios.²³

1.5.2 *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*

La especie *S.epidermidis* se encuentra en la piel y mucosas de manera fisiológica en el ser humano. Sin embargo, es un patógeno importante para las infecciones nosocomiales por sus factores de virulencia y sus altas tasas de resistencia a la meticilina que han ido incrementando en los últimos 20 años.¹⁴ Se diferencia de *S.Aureus* por su inhabilidad para producir coagulasa.¹⁵

La especie *S.Aureus* es un patógeno nosocomial, es común encontrarlo en el ser humano de forma asintomática, un 20% de la población es portador crónico y un 60% es portador transitorio de la flora de la piel y narinas. La resistencia a meticilina de algunas cepas es bien conocida y alarmante; usualmente, las bacterias implicadas en las infecciones asociadas a material de osteosíntesis son resistentes a los antimicrobianos, por lo que tienden a sobrevivir a pesar de los antibióticos administrados.^{14, 15}

1.5.2 Biopelículas

Ambas especies destacan por su capacidad de formar biopelículas para sobrevivir en la superficie del material de osteosíntesis, este factor de virulencia es considerado como el primer paso para desarrollar una infección asociada a estos materiales.^{9, 15} Una biopelícula es una comunidad microbiológica organizada en una matriz extracelular firmemente adherida en una superficie.^{7, 24} A pesar de usar antibióticos sensibles a altas dosis, una vez formada esta biopelícula es muy difícil erradicarla por la protección que brinda la capa extracelular, que impide la penetración de antibióticos y del ataque de los macrófagos. ^{3, 7, 14, 25}

El ciclo de formación de una biopelícula inicia con la adherencia a una superficie mediada por proteínas con propiedades adhesivas como la fibronectina, fibrinógeno y factor de Von Willebrand. Las especies de estafilococos logran adherirse a estas proteínas del huésped mediante componentes de la superficie microbiana que reconocen moléculas de la matriz adhesiva (MSCRAMMs). Una vez adheridas se inicia la proliferación y crecimiento bacteriano en una matriz extracelular. Luego inicia la maduración, que se caracteriza por capas cada vez más densas que aíslan a las bacterias del medio externo. La etapa final es la dispersión microbiana para colonizar otras áreas.^{7, 9}

La biopelícula puede impedir la consolidación ósea, que causa una no unión séptica o mal unión ósea. Incluso puede causar una infección sistémica por diseminación a la circulación, esto puede causar una sepsis y culminar con la muerte.²⁵

1.5.3 Influencia de los biomateriales

Los materiales funcionan como un soporte para adherir a las bacterias e incluso favorecen el crecimiento de los microorganismos proveyendo nutrientes como iones liberados de metales o materiales reabsorbibles.¹⁴ Las bacterias logran adherirse a las superficies del material de osteosíntesis ya que una vez estos son introducidos al cuerpo, son cubiertos por proteínas plasmáticas que funcionan como receptores para la adhesión bacteriana.⁹

Los metales más utilizados para elaborar material de osteosíntesis son el acero inoxidable, aleaciones de cobre-cromo y aleaciones de titanio, debido a sus propiedades como resistencia,

rigidez, resistencia a la corrosión, mayor ductilidad y biocompatibilidad.^{7, 15} El diseño del material de osteosíntesis ha sido mejorado con los años y esto ha reducido la incidencia de las infecciones asociadas a estos materiales, dentro de las mejoras en sus características se incluyen mayor protección a tejidos blandos, preservación del periostio y de la microvasculatura para conservar la perfusión local. Pero aún con esto, existe una susceptibilidad a la colonización bacteriana por ser un cuerpo extraño.²⁵

Los microorganismos poseen diferentes afinidades por los tipos de biomateriales, siendo factores importantes la composición química del material, carga, hidrofobicidad, rugosidad de la superficie y configuración física de los materiales. Se considera que los materiales más lisos no favorecen el depósito de la biopelícula, mientras que los materiales rugosos o con microporosidades proveen un ambiente más favorable para la colonización.¹⁵

1.5.3 Vía de transmisión

La vía de transmisión más común es al momento del trauma en fracturas abiertas y durante el procedimiento quirúrgico en fracturas cerradas, siendo la fuente de infección principal la piel u otras partes del cuerpo que han sido colonizadas, tanto del paciente como del personal médico sanitario.^{9, 25}

Pero, también, puede ocurrir de forma tardía por la vía hematógena; sin embargo, esta vía representa una minoría de las infecciones, media vez este el material de osteosíntesis en el cuerpo existe el riesgo de infección de por vida.²⁵ El riesgo de infección sobre un material de osteosíntesis luego de una bacteriemia por *S. Aureus* es de por lo menos el 7%.^{9, 14}

CAPÍTULO 2. MANEJO TERAPÉUTICO

SUMARIO

- **Objetivos del tratamiento**
- **Tratamiento farmacológico**
- **Tratamiento quirúrgico**
- **Fallo terapéutico**

Se requiere de un manejo combinado y multidisciplinario para tratar las infecciones asociadas a material de osteosíntesis, ya que la formación de la biopelícula impide la penetración de los antibióticos; por lo que es necesario utilizar en conjunto medidas quirúrgicas para contrarrestar la infección. En el siguiente capítulo se abordan los principales principios para el tratamiento de las infecciones asociadas al uso de estos materiales.

2.1 Objetivos del tratamiento

El material de osteosíntesis es necesario por un tiempo limitado, en lo que ocurre la consolidación de la fractura. Se consideran 5 objetivos principales para el manejo de estas infecciones, listadas a continuación:

- Consolidación de la fractura.²⁶
- Erradicación y/o control de la infección hasta lograr la consolidación ósea. ²⁶
- Proporcionar cobertura con tejidos blandos circundantes. ²⁶
- Conservar función. ²⁶
- Prevención de infecciones crónicas. ²⁶

El objetivo del tratamiento no es erradicar la infección por completo, sino impedir que la biopelícula retrase la consolidación y evitar infecciones crónicas.⁹ Por lo que es posible manejar al paciente con retención del material, desbridamiento quirúrgico y terapia antibiótica en algunos casos. Otras veces la infección se logra controlar y erradicar hasta que es retirado el material por completo y es reemplazado, si ya existe consolidación ósea puede ser retirado de forma permanente.²⁶ La tasa de éxito del tratamiento es del 68% al 100%.⁹

2.2 Tratamiento farmacológico

Es importante el uso de los antibióticos para eliminar las bacterias en fase planctónica; sin embargo, aquellas ya organizadas en una biopelícula no son susceptibles a pesar de altas concentraciones.¹⁴ Para elegir un antibiótico es importante previamente aislar el agente etiológico y su perfil de sensibilidad, debido a las altas tasas emergentes de resistencia a los antibióticos. Es importante tomar en cuenta que el hueso tras una fractura posee baja vascularización, siendo un área de mala penetración y poca tensión de oxígeno, este ambiente de baja concentración de oxígeno reduce la actividad y penetración de ciertos antibióticos como la gentamicina y vancomicina.²⁷

2.1.1 Antibioticoterapia empírica

Ya que el resultado microbiológico puede tomar tiempo, se debe considerar iniciar tratamiento empírico tomando en cuenta los microorganismos más prevalentes. Se puede emplear una cefalosporina como cefazolina, en caso de alergia a las cefalosporinas o en áreas con alto prevalencia de *S.aureus* meticilino resistente o pacientes de alto riesgo se puede utilizar vancomicina. En casos de fracturas abiertas se debe considerar agregar empíricamente gentamicina por el riesgo de microorganismos Gram negativos.²⁸

Una vez obtenido el perfil de sensibilidad se debe reajustar el esquema.²⁸ Se recomiendan por lo menos 6 semanas de antibioticoterapia intravenosa u oral si el agente etiológico es sensible y posee adecuada biodisponibilidad. Si se trata de una infección superficial puede ser suficiente un esquema de 10 a 14 días.⁴ En la siguiente tabla se exponen los antibióticos intravenosos disponibles y su dosificación:

Tabla 2.1 Antibióticos intravenosos para el tratamiento de las infecciones ortopédicas

ANTIBIÓTICO	DOSIFICACIÓN	ESPECTRO DE ACCIÓN	CONCENTRACIÓN HUESO/SERUM %	COMENTARIOS
Antibióticos para infecciones por Gram positivos				
Oxacilina (2g)	cada 4 horas	<i>Estafilococos</i>	10	Confirmar susceptibilidad
Ampicilina (2g)	cada 4-6 horas	<i>Estreptococos, Cutibacterium y Enterococos</i>	17	
Ampicilina sulbactam (1.5-3g)	cada 6-8 horas	<i>Estafilococos, Gram negativos y anaerobios</i>	12-17.	Utilizado como terapia empírica
Cefazolina (1-2g)	cada 8 horas	<i>Estafilococos, estreptococos y algunos Gram negativos</i>	7.5-37	Mejor tolerado que la oxacilina
Vancomina (1g)	cada 8-24 horas	Gram positivos, <i>estafilococos, estreptococos, cutibacterium y enterococos</i>	5-21.	Utilizado para infecciones por microorganismos resistentes
Daptomicina (6-8mg/kg)	cada 8-24 horas	Gram positivos, <i>estafilococos, estreptococos y enterococos</i>	7	
Antibióticos para infecciones por Gram negativos				
Ceftriaxona (1-2g)	cada 24 horas	Gram negativos y <i>13ran positivos</i>	5-19.	
Ceftazidime (1-2g)	cada 8 horas	Gram negativos, <i>enterobacterias y pseudomonas aeruginosa</i>	3-27.	
Cefepime (1-2g)	cada 8 horas	<i>Estafilococos, estreptococos y enterococos</i>	87-100	

Imipenem (500 mg – 1g)	cada 6 horas	<i>Estafilococos, estreptococos, enterobacterias y pseudomonas aeruginosa</i>	16-48	Útil para el tratamiento de bacterias multirresistentes
Meropenem (500mg)	cada 8 horas	<i>Estafilococos, estreptococos, enterobacterias y pseudomonas aeruginosa</i>	17	Útil para el tratamiento de bacterias multirresistentes
Piperacilina (2-4g)	cada 4-6 horas	<i>Estafilococos, estreptococos, enterobacterias y pseudomonas aeruginosa</i>	5-7.5	

Fuente: elaboración propia, adaptado de Chen et al ²⁸

2.1.2 Antibióticos orales

La rifampicina es un antibiótico útil para el tratamiento de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis y otras infecciones ortopédicas.²⁹ Su éxito se ha visto al ser utilizado en combinación con otros antibióticos, ya que posee un efecto sinérgico. Posee actividad anti estafilocócica, actúa contra bacterias estacionarias embebidas en una biopelícula y posee una adecuada biodisponibilidad luego de su administración oral.^{27,28} Usualmente, se ha utilizado en conjunto con una fluoroquinolona, vancomicina o clindamicina, ya que su uso en monoterapia ha aumentado las tasas de resistencia a este antibiótico.⁵ Idealmente, se debe agregar hasta haber reducido la carga bacteriana mediante un desbridamiento quirúrgico local o luego de un período de antibiótico intravenoso previo, esto con el fin de reducir el riesgo de resistencia bacteriana.²⁸

Las fluoroquinolonas, también, resultan útiles para el manejo de las infecciones, ya que poseen actividad contra bacterias Gram positivas y bacilos Gram negativos, poseen efecto en bacterias adherentes, poseen altas concentraciones óseas luego de su administración oral y un perfil bajo de efectos adversos. Múltiples estudios reportan su efectividad tanto para infecciones estafilocócicas e incluso en infecciones polimicrobianas.²⁷ Su uso en monoterapia es menos eficaz que si se combina con rifampicina.⁵

Tabla 2.2 Antibióticos orales con adecuada biodisponibilidad para el tratamiento de las infecciones ortopédicas

ANTIBIÓTICO	DOSIFICACIÓN	ESPECTRO DE ACCIÓN	CONCENTRACIÓN HUESO/SERUM %	COMENTARIOS
Ciprofloxacina (500-750mg)	cada 12 horas	Gram negativos, <i>estafilococos</i>	3-66.	Combinar con Rifampicina
Levofloxacina (500-750mg)	cada 24 horas	Gram negativos, <i>estafilococos</i>	50-75.	Combinar con Rifampicina
Moxifloxacina (400mg)	cada 24 horas	Gram negativos, <i>estafilococos</i> , algunos anaerobios	27-49.	Combinar con Rifampicina
Linezolid (600 mg)	cada 12 horas	Gram positivos, <i>estafilococos</i> y <i>enterococos</i>	37-51	Monitorizar toxicidad
Doxiciclina (100mg)	cada 12 horas	<i>Estafilococos</i> , <i>cutibacterium</i> y algunos gram negativos	2-6.	
Clindamicina (300-600mg)	cada 6-8 horas	<i>Estafilococos</i> , <i>estreptococos</i> y <i>cutibacterium</i>	40-67	Confirmar susceptibilidad
Rifampicina (300-450mg)	cada 12 horas	<i>Estafilococos</i>	100	No utilizar en monoterapia
Metronidazol (500mg)	cada 8 horas	Anaerobios	79-100	Monitorizar toxicidad

Fuente: elaboración propia, adaptado de Chen et al ²⁸

2.1.4 *S.Aureus* meticilino resistente

Las opciones terapéuticas son los glucopéptidos intravenosos vancomicina y teicoplanina, es preferible el uso de la vancomicina debido a que posee menor unión a proteínas por lo que logra un efecto bactericida más rápido. Estos glucopéptidos deben ser reservados para cepas resistentes únicamente. ⁵ Con ambos es necesario apegarse a los rangos terapéuticos, ya que poseen efectos adversos asociados a altas dosis como nefrotoxicidad con la vancomicina, y con el uso prolongado de la teicoplanina trombocitopenia y neutropenia. Es necesario agregar, también, rifampicina u otro antibiótico que tenga sensibilidad para complementar el tratamiento.

2.2 Tratamiento quirúrgico

Es considerado como el método de elección para el tratamiento de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis. El objetivo principal es desbridar y estabilizar la fractura, además, la toma de muestras para el diagnóstico microbiológico e histológico.⁹ Las muestras deben ser tomadas antes de iniciar el tratamiento quirúrgico, al menos cinco muestras con instrumental diferente de partes alrededor de la fractura y tejidos cercanos al material de osteosíntesis.²⁶

2.2.1 Lavados y desbridamientos

Son necesarios los lavados quirúrgicos con desbridamiento local por lo menos cada 4 a 5 días, un desbridamiento adecuado es el predictor de éxito del tratamiento más importante.⁵ Se debe desbridar todo tejido y hueso necrótico y todo aquel cuerpo extraño no funcional. Además, es necesario realizar una irrigación con solución salina a baja presión para reducir la carga bacteriana.^{26, 28} Es importante no realizar la irrigación a presión para evitar la inoculación bacteriana a otros sitios.³⁰ La cantidad mínima necesaria de volumen de irrigación no está definida, con base en distintos estudios se recomienda el uso de 6 a 9 litros de solución salina; sin embargo, el volumen ideal aún está por definirse con base en evidencia.³¹

2.2.2 Opciones quirúrgicas

El tratamiento definitivo de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis es el retiro del material.²⁸ En cada cirugía se debe valorar la estabilidad de la fractura, si la reducción es adecuada y si existe una buena cobertura de tejidos blandos.² Con base en los criterios anteriores se debe decidir si se puede dejar el material actual o si debe ser reemplazado por otro tipo de material.¹⁷ La causa más frecuente de aflojamiento del material de osteosíntesis es la infección, por lo que es crucial valorar si el foco de la fractura es estable para una adecuada consolidación.³⁰

2.2.2.1 Conservación del material de osteosíntesis

El material se puede mantener cuando la fractura se encuentra estable y aún no ha consolidado, esto con la finalidad de evitar morbilidad sobreañadida del retiro del material y de la necesidad de procedimientos adicionales.³¹ Esta opción conservadora se puede considerar en

pacientes con infecciones tempranas en quienes la biopelícula no ha madurado, y en quienes se ha logrado aislar el patógeno y este posee sensibilidad a antimicrobianos.^{5, 32} Una vez se logra la consolidación ósea se debe valorar su extracción por la posibilidad de que la infección se vuelva crónica por la persistencia de la biopelícula.²⁸ Una contraindicación para esta estrategia es que exista una alta posibilidad de fracaso del tratamiento sin quitar el material, infecciones mediatas o tardías poseen mayor posibilidad de fracaso ya que la biopelícula ya se encuentra bien organizada.^{31, 32} Esta estrategia conservadora posee el mayor riesgo de fallo en comparación a las otras opciones quirúrgicas, la tasa de fracaso luego de esta estrategia varía entre el 20-70%, siendo más alta cuando se trata de una infección hematógena.^{5, 31}

2.2.2.2 Reemplazo del material de osteosíntesis

Se debe considerar reemplazar el material cuando tanto la fractura como el material se encuentran inestables, con una reducción no apropiada o en casos severos de infección que requieran otras medidas más agresivas como la amputación para su resolución.²⁶ Idealmente el material es reemplazado por material de fijación externa para evitar el riesgo de formación de nueva biopelícula, pero en casos donde este no es la mejor opción, como en fracturas proximales de fémur, proximales de húmero o fracturas de pelvis, puede ser considerado el uso de nuevo material de fijación interna.²⁸ Esta opción quirúrgica tiene una tasa de éxito del 86-100%, el factor clave que se asocia a su éxito es realizar una debridación extensa y apropiada.⁵ Este recambio del material de osteosíntesis puede realizarse en un tiempo quirúrgico o en dos, dependiendo de la gravedad a tejidos blandos, la presencia de una fistula o si el paciente está seriamente inmunocomprometido.⁵

2.2.2.3 Retiro del material de osteosíntesis

En casos en los cuales ya se logró la consolidación ósea se puede únicamente retirar el material de osteosíntesis y el tejido desvitalizado para evitar una infección crónica ósea.^{30, 32}

Que estrategia utilizar, también, depende del material de osteosíntesis que tiene el paciente, ya que pacientes con placas pueden optar por la estrategia conservadora con mantener el material; pero, por el otro lado, en pacientes con clavos intramedulares no se puede retener el material, y es necesaria su extracción con un desbridamiento intramedular extenso.³⁰

2.2.3 Cemento óseo impregnado

Antimicrobianos locales, también, pueden ser aplicados, sobre todo en infecciones crónicas donde el antibiótico no alcanza óptimas concentraciones ya que el tejido posee mala perfusión.²⁶ El cemento óseo impregnado con antibiótico es un material no degradable, es útil sobre todo cuando existen defectos óseos luego de una fractura o por un desbridamiento extenso.²⁸ Sin embargo, es importante sopesar los beneficios como la administración local con menor riesgo de toxicidad sistémica frente a los posibles efectos adversos como el riesgo de reacciones alérgicas, emergencia de microorganismos resistentes y costos altos.^{5, 28} Al igual que con la antibioticoterapia, el antibiótico a impregnar debe ser sensible y tomar en cuenta factores del paciente como alergia a cefalosporinas y función renal.²⁸

2.2.4 Reparación de tejidos blandos

Es primordial asegurar una buena cobertura de los tejidos blandos para reducir el riesgo de infección y asegurar la curación de la herida operatoria, ya que cuando no existe una buena cobertura puede haber la formación de una fistula.^{5, 28} Se debe considerar un manejo multidisciplinario en conjunto con cirugía plástica en caso de ser necesario el uso de colgajos para cubrir adecuadamente las heridas o si son necesarias cirugías reconstructivas por la cantidad de tejido desbridado.^{28, 32}

Una medida relativamente nueva es la aplicación de presión negativa por un sistema de cierre asistido al vacío (VAC), este sistema es útil como apoyo al tratamiento quirúrgico, sobre todo en situaciones donde el tejido blando se encuentra muy lesionado y no puede haber un cierre primario de la herida.³³ Se ha evidenciado que su uso proporciona un índice mayor de heridas curadas, menor tiempo para alcanzar la curación de la herida y menor necesidad de recurrir a una amputación.¹⁷ Un estudio demostró que el uso del sistema VAC puede ser utilizado en conjunto con la estrategia conservadora para conservar el material de osteosíntesis y que también, es efectivo para el tratamiento de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis con un cierre de la herida en un segundo tiempo quirúrgico.¹⁷ Su efecto beneficioso es resultado de que remueve tejido desvitalizado y exudado por succión, brinda protección del ambiente externo que permite así un cierre en un segundo tiempo, y permite la formación de tejido de granulación. El nivel de presión óptima para la formación de tejido de granulación es de -125 mmHg y con una succión intermitente.²⁸

2.3 Fallo terapéutico

Ante una infección que presenta fallo terapéutico se debe considerar la causa de este. Una posible causa de esto es que no haya habido un correcto control del foco de infección, debido a que el desbridamiento no fue extenso o adecuado.²⁸ Otra posible causa del fallo terapéutico ante el esquema antibiótico es en el escenario donde el material de osteosíntesis fue retenido y la presencia de biopelícula es extensa. Otra opción es que haya habido una mala adherencia al régimen antibiótico o inadecuada administración, lo que conllevo a una resistencia microbiana con consecuente fallo terapéutico.²⁸ Factores de riesgo que aumentan la probabilidad de fallo terapéutico son una duración prolongada de la infección y previo fallo terapéutico.²⁸

La probabilidad de éxito de un esquema terapéutico es aún menor (18%) si se elige un régimen antibiótico inadecuado.⁵ Un mecanismo favorecedor para el fallo terapéutico es que las bacterias ante la administración de antibióticos producen mayor cantidad de biopelícula por el estrés ambiental, proveyendo un ambiente ideal para resistir.¹⁴ Las bacterias sobreviven en la biopelícula en fase estacionaria debido a las condiciones ambientales, esto afecta aún más la eficacia de los antibióticos ya que las concentraciones mínimas bactericidas necesarias de los antibióticos son más altas durante la fase estacionaria que en la fase de crecimiento exponencial.⁹

CAPÍTULO 3. MEDIDAS PREVENTIVAS

SUMARIO

- **Medidas preoperatorias**
- **Medidas intraoperatorias**

Una parte importante para evitar las complicaciones devastadoras de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis es evitar su desarrollo, lo cual solo puede ser mitigado si se conocen estrategias preventivas eficaces. En el siguiente capítulo se abordan medidas que pueden ser realizadas tanto preoperatoriamente como durante el procedimiento quirúrgico para reducir el riesgo.

3.1 Medidas preoperatorias

Una medida preventiva para reducir el número de infecciones asociadas a material de osteosíntesis es el cribado para detectar pacientes con colonización asintomática para *S. Aureus*. Los pacientes en los que se aísla el patógeno reciben un esquema de descolonización nasal con mupirocina o clorhexidina nasal al 1%, descolonización de la piel con un jabón a base de clorhexidina y un antiséptico bucal con clorhexidina. Se recomienda llevar a cabo este cribado; sin embargo, es únicamente útil en pacientes con cirugía electiva y difícil de aplicar en el contexto de cirugía traumatológica.²⁶

Otra medida importante para el control de infecciones es el lavado de manos del personal que tiene contacto con el paciente. Es importante un lavado con un antiséptico antes y después del contacto con cada paciente, luego de tener exposición a fluidos corporales y de igual manera antes y después de cada procedimiento realizado al paciente.^{26,34}

Como parte de la preparación quirúrgica no se recomienda afeitar al paciente previo a la cirugía, a menos que éste interfiera con el sitio de incisión, ya que se ha asociado a una prevalencia mayor de infecciones. Esto debido a que puede causar una lesión en la piel donde se pueden inocular los agentes microbiológicos.²⁶ El baño del paciente previo a la cirugía ha demostrado ser útil para reducir la carga bacteriana de la piel; sin embargo, no es aplicable en el contexto de una cirugía de emergencia. En estos casos es útil una preparación de la piel en el

sitio de incisión en sala de operaciones, se puede utilizar un antiséptico a base de alcohol y clorhexidina, preferentemente a una solución de povidona yodada, ya que se ha obtenido evidencia de que es más efectiva para reducir las infecciones asociadas a material de osteosíntesis. Se debe considerar limpiar un área amplia alrededor de donde se planea realizar la incisión en caso sea necesario ampliar la herida.²⁶

3.1.1 Optimización del paciente

Una parte importante en la prevención es la optimización del paciente con base en sus factores de riesgo modificables para evitar las complicaciones en la cirugía. Se deben controlar todas las comorbilidades del paciente antes de la cirugía, esta estrategia preventiva en cirugía de trauma suele ser complicada ya que las cirugías son de emergencia y no electivas, sobre todo en casos de fracturas abiertas o inestables.

Los desórdenes endocrinos deben ser corregidos por un endocrinólogo preoperatoriamente.²⁶ Es importante el control óptimo de la glucosa, un marcador óptimo es la hemoglobina glucosilada, lo recomendable es mantener los niveles por debajo del 7%, ya que entre mayor es la cifra mayor riesgo de infección.³¹ La obesidad debe ser corregida previamente dentro de lo posible, ya que aumenta el riesgo de infección, formación de un hematoma y riesgo de dehiscencia operatoria.²⁶ En pacientes que toman corticosteroides es útil reducir u omitir la dosis antes de la cirugía, ésta debe ser reiniciada hasta lograr la cicatrización de la herida dentro de lo posible.^{31, 34} Las lesiones en piel, sin importar la proximidad al sitio quirúrgico aumentan el riesgo de una infección, por lo que se recomienda que éstas sean tratadas antes de la cirugía por su potencial de ser fuente de microorganismos.³¹

La suplementación con vitamina D en pacientes con un trauma agudo es recomendada debido a su rol en la salud musculoesquelética. Sin embargo, la evidencia de esta recomendación es baja ya que a pesar de múltiples ensayos clínicos aleatorios controlados no se ha podido establecer una conexión estadística para apoyar su uso.²⁶

3.1.2 Profilaxis antimicrobiana

La profilaxis antibiótica es una de las estrategias de prevención más importantes y ha sido probada su eficacia para reducir la prevalencia de infecciones.³² Se recomienda el uso de una cefalosporina de primera o segunda generación, tales como cefazolina, cefuroxima o cefamandol.³⁴ La cefazolina es una cefalosporina de primera generación usualmente utilizada por su amplio espectro de acción y ya que alcanza rápidamente concentraciones adecuadas en huesos, tejidos blandos y músculo. Estudios microbiológicos han revelado que la mayoría de los microorganismos son sensibles a este antibiótico, por lo que su uso se considera apropiado para la profilaxis.³⁶

Se recomienda que la dosis profiláctica sea administrada lo antes posible y por lo menos una hora antes de comenzar la cirugía, el tiempo es crucial para que el antibiótico logre alcanzar concentraciones tisulares y así prevenir infecciones asociadas a estos dispositivos.³² Una única dosis es suficiente como profilaxis, regímenes prolongados de profilaxis aumentan el riesgo de resistencia bacteriana, toxicidad sistémica y no es una estrategia costo efectiva.³⁷ La Academia Americana de Cirujanos Ortopedistas (AAOS) recomienda repetir esta dosis cuando el procedimiento quirúrgico demora más de una vez o dos veces la vida media del antibiótico, con el fin de mantener concentraciones óptimas.³⁶

En pacientes que son sometidos a un cribado y el patógeno aislado es *S.Aureus* meticilino resistente se recomienda el uso de vancomicina como antibiótico profiláctico.³¹ A continuación se expone una tabla con recomendaciones de antimicrobianos útil para la profilaxis.

Tabla 3.1 Antimicrobianos para la profilaxis preoperatoria

ESCENARIO CLÍNICO	ANTIBIÓTICO	COMENTARIOS
Profilaxis estándar	Cefazolina 2g	3g si el peso es mayor a 120kg, por lo menos 30-60 minutos antes de la incisión
Riesgo de MRSA	Vancomicina 15 mg/kg	Dosis maxima de 2g, administrar por lo menos 2 horas antes de la incisión

Alergia a betalactámicos	Vancomicina 15 mg/kg o Clindamicina 900mg
Profilaxis para Gram negativos	Añadir gentamicina 5 mg/kg
Alto grado de contaminación	Añadir Penicilina G 4 000 000 U

Fuente: elaboración propia, adaptado de Chen et al ²⁸

3.1.2 Sistema de vigilancia activo

Como parte importante de la prevención de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis es necesario la implementación de un sistema de vigilancia hospitalario, para conocer la incidencia de casos y la prevalencia microbiológica local. Además, permite realizar análisis de los factores de riesgo, seguimiento de los pacientes y realizar recomendaciones específicas para minimizar la incidencia de esta complicación. ²¹

3.2 Medidas intraoperatorias

Estas medidas permiten reducir la carga bacteriana que alcanza el sitio quirúrgico, por lo que son útiles para prevenir las infecciones asociadas a material de osteosíntesis. ²⁶

Una de estas medidas consiste en un adecuado traje quirúrgico, haciendo énfasis en cubrir las áreas más comúnmente colonizadas por *S.Aureus* como piel, boca y cuero cabelludo para minimizar el riesgo de transmisión. ²⁶ No existe evidencia que esta medida reduzca directamente las tasas de infección; sin embargo, es considerada una buena práctica tanto por la seguridad del paciente como del personal.

Es de suma importancia el lavado de manos riguroso antes del procedimiento quirúrgico por parte del personal médico para reducir al mínimo la microflora de las manos, este es considerado el factor más importante para prevenir las infecciones asociadas a material de osteosíntesis. ^{26,34} Es recomendable el uso de una solución a base de alcohol y frotar las manos

con una mínima duración de 2 a 3 minutos.³⁴ Luego del lavado quirúrgico se recomienda el uso de doble guante estéril o guantes específicos para cirugía en traumatología para evitar perforaciones que puedan servir como fuente para microorganismos a través del guante.²⁶

La ventilación del quirófano, también, puede prevenir infecciones; un flujo vertical laminar por medio de presión positiva permite reducir la carga bacteriana suspendida en el aire desde áreas contaminadas a áreas estériles.^{26,34} La cantidad de personal en el quirófano y la apertura de las puertas afecta la calidad del aire, por lo que aumentan el riesgo de infecciones, por lo que se recomienda reducir al mínimo la cantidad de personas en el quirófano, lo cual a su misma vez reduce la cantidad de veces que se abren las puertas en el quirófano.³¹

Es importante mantener la normotermia del paciente, ya que la hipotermia afecta la migración leucocitaria, la fagocitosis y la producción de citoquinas, lo que puede afectar negativamente al sistema inmune y afectar la curación de la herida operatoria.²⁶

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los biomateriales han cambiado la medicina, han ofrecido nuevas opciones para el manejo de distintas enfermedades. Entre estos el material de osteosíntesis ha permitido el tratamiento de fracturas complejas y ha dado buenos resultados a largo plazo en términos de funcionalidad. Sin embargo, el aumento creciente de los procedimientos con uso de estos materiales, también, ha aumentado consecuentemente las tasas de infección asociadas al uso de estos materiales. Al ser estos un cuerpo extraño introducido en el cuerpo humano es indisoluble el riesgo de infección.¹⁻¹²

A pesar de los avances tecnológicos en la biocompatibilidad del material de osteosíntesis, protocolos de asepsia y antisepsia, uso de antibióticos profilácticos, estas infecciones asociadas a material de osteosíntesis siguen siendo infecciones nosocomiales frecuentes.³⁸ La tendencia es que su incidencia aumente, ya que los procedimientos que utilizan material de osteosíntesis cada día son más frecuentes y son realizados en poblaciones de riesgo con múltiples comorbilidades.¹²

En traumatología una infección es considerada una complicación severa, por el riesgo que existe de causar una infección ósea crónica, que la fractura no consolide adecuadamente y que exista una no unión séptica, e incluso en casos severos amputaciones. Estas secuelas de una infección pueden causar discapacidades permanentes que afecten la calidad de vida del paciente, por lo que es esencial evitar a toda costa el desarrollo de una infección asociada a estos materiales.¹⁷ Es importante que el paciente conozca que las infecciones asociadas al material de osteosíntesis son la principal complicación del uso de estos materiales, y sobre las posibles consecuencias que conlleva esta complicación para que pueda tomar una decisión informada.

Múltiples estudios se enfocan en identificar factores de riesgo que aumentan la probabilidad de que se desarrolle una infección y a partir de estos describir estrategias de prevención. Identificar a los pacientes con múltiples factores de riesgo permite mantener un alto índice de sospecha en quienes se pueden complicar y un monitoreo más minucioso de los síntomas y signos clínicos de infección.³⁹

Existe controversia sobre el manejo de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis, estas infecciones se caracterizan por su complejidad debido al daño a tejidos blandos por el trauma. Por lo expuesto anteriormente, es importante estandarizar el tratamiento del paciente, pero considerando siempre el caso individualmente. Existe evidencia que respalda el manejo multidisciplinario para obtener mejores resultados para el paciente, los cuales son medibles a través de menor necesidad de readmisiones hospitalarias y menores gastos hospitalarios.²⁶

Una característica importante de estas infecciones es que inician con la contaminación bacteriana del sitio quirúrgico, y en su mayoría son causadas por microorganismos productores de biopelícula, la cual representa un desafío para el tratamiento. El material de osteosíntesis es altamente susceptible a la colonización bacteriana, por lo que innovaciones que eviten la formación y adherencia de una biopelícula son medidas prometedoras.⁹

Ninguna estrategia terapéutica por si sola es eficaz para erradicar la biopelícula formada sobre el material de osteosíntesis, por lo que es necesario combinar estrategias quirúrgicas con antibioticoterapia. El fin del tratamiento no es como tal erradicar por completo la infección, sino reducir la carga bacteriana para evitar una infección crónica y lograr la consolidación ósea de la fractura. Es necesario un desbridamiento quirúrgico amplio para retirar dentro de lo posible la biopelícula formada sobre el material de osteosíntesis y retirar cualquier tejido necrótico que pueda impedir la resolución de la infección. Una opción terapéutica es el uso de un fijador externo, ya que permite la estabilidad de la fractura y evita la formación de una biopelícula. Sin embargo, también presenta complicaciones como infección de los pines y limitación de la movilidad articular.^{40,41}

Para la elección del régimen antibiótico es importante tomar en cuenta la sensibilidad del microorganismo aislado. Además, se debe considerar que esté tenga buena penetración en tejidos blandos y óseos, que actué sobre la fase estacionaria de las bacterias y las que se encuentran embebidas en una biopelícula.^{27,28,29,42}

Específicamente, el agente *Staphylococcus Aureus* es el microorganismo más frecuentemente aislado, por lo que tanto la profilaxis antimicrobiana como el tratamiento antibiótico empírico deben estar enfocados contra este agente.^{3,13-15}

El enfoque desde la prevención es más útil para reducir la incidencia de esta complicación, y a largo plazo es más costo efectivo e importante que el manejo terapéutico.⁴³ Para realizar una prevención adecuada es importante conocer las tasas de incidencia de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis locales, establecer un sistema de vigilancia que le dé seguimiento a los casos para valorar la eficacia del manejo del paciente y realizar mejoras continúas basadas en evidencia y buenas prácticas clínicas. Se ha demostrado que tener un comité establecido puede tener un impacto en las tasas de incidencia de infecciones.⁴⁴

Otra característica importante por recalcar es que la profilaxis antibiótica es el método de prevención más eficaz para minimizar el riesgo del desarrollo de infecciones asociadas al material de osteosíntesis. La administración del antibiótico adecuado y el tiempo en el que se administra es crucial para que se alcancen concentraciones terapéuticas adecuadas antes de iniciar el procedimiento quirúrgico. Cambios epidemiológicos en el perfil de resistencia antimicrobiana representan un riesgo para el sistema de salud ya que limitan las opciones terapéuticas. Como parte de la prevención de este problema se recomienda limitar el uso de antibióticos de amplio espectro y evitar cursos largos de profilaxis en casos que no tengan indicación específica.²⁶⁻³⁴

Finalmente, se reconoce que las infecciones asociadas a material de osteosíntesis son un problema multifactorial creciente, por lo que existe la necesidad de desarrollar e implementar prometedoras estrategias terapéuticas y preventivas basadas en evidencia, y combinarlas con las actuales para así reducir la incidencia de infecciones a material de osteosíntesis y evitar las complicaciones que conlleva esta complicación, enfocados siempre en preservar la función y dar calidad de vida al paciente.

CONCLUSIONES

Las infecciones asociadas al material de osteosíntesis son multifactoriales. Se pueden destacar tres factores de riesgo que pueden servir como predictores: antecedente de infección postquirúrgica previa, alto riesgo quirúrgico determinado por la escala ASA y la presencia de inmunocompromiso. Los demás factores de riesgo pueden dividirse en modificables y no modificables, y confieren un riesgo variable para el desarrollo de la infección asociada a estos materiales.

Todas las fracturas que son tratadas por medio de material de osteosíntesis poseen un riesgo de complicarse con una infección; sin embargo, en comparación con las fracturas cerradas, las fracturas abiertas presentan altas tasas de incidencia de infección asociada a material de osteosíntesis debido a que poseen un mayor grado de contaminación y lesión de tejidos blandos.

La bacteria *Staphylococcus Aureus* es el agente etiológico más frecuentemente aislado en las infecciones asociadas a material de osteosíntesis en cirugía de traumatología, y su factor de virulencia principal es la producción de una biopelícula lo que le permite adherirse firmemente al implante para su supervivencia.

Es necesario un manejo multidisciplinario y un abordaje terapéutico que combine la antibioticoterapia y las estrategias quirúrgicos para controlar las infecciones asociadas al material de osteosíntesis en cirugía de traumatología y lograr la consolidación ósea de la fractura. Sin embargo, el factor más importante para reducir la incidencia de esta complicación es un enfoque desde la prevención.

RECOMENDACIONES

Es necesario que médicos especialistas en traumatología y ortopedia, conozcan los factores de riesgo que predisponen a los pacientes al desarrollo de las infecciones asociadas al material de osteosíntesis, y dentro de lo posible realizar las correcciones pertinentes para minimizar este riesgo previo a la cirugía.

Es importante un manejo apropiado de las fracturas abiertas, incluyendo una profilaxis antibiótica oportuna con una irrigación temprana y otras medidas de prevención para reducir la incidencia de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis.

Se sugiere a médicos especialistas en traumatología y ortopedia conocer la prevalencia epidemiológica local de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis y las tasas de resistencia antimicrobiana para orientar las medidas de prevención. Se recomienda fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica internos de cada hospital, para que permitan una detección oportuna, manejo adecuado y seguimiento de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis.

Es recomendable la evaluación de las infecciones asociadas a material de osteosíntesis por medio de un equipo multidisciplinario que incluya médicos especialistas en traumatología y ortopedia, cirugía plástica e infectología, esto con el fin de lograr mejores resultados para el paciente y reducir la incidencia de esta complicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pietrocola G, Campoccia D, Motta C, Montanaro L, Arciola CR, Speziale P. Colonization and Infection of Indwelling Medical Devices by *Staphylococcus aureus* with an Emphasis on Orthopedic Implants. *Int J Mol Sci.* [en línea]. 2022 [citado 15 Ago 2022]; 23(11) [aprox 22 p] doi: 10.3390/ijms23115958
2. Steinmetz S, Wernly D, Moerenhout K, Trampuz A, Borens O. Infection after fracture fixation. *EFORT Open Rev.* [en línea]. 2019 [citado 18 Ago 2022]; 4(7): 468-75. doi: 10.1302/2058-5241.4.180093
3. Dresing K. Infecciones en cirugía traumatólogica y ortopédica. *Oper Orthop Traumatol.* [en línea]. 2014 [citado 12 Ago 2022]; 2: 53-7. doi: 10.1007/s00064-013-0254-3
4. Darouiche R. Treatment of Infections Associated with Surgical Implants. *N Engl J Med.* [en línea]. 2004 [citado 21 Ago 2022]; 350(14):1422-9. doi: 10.1056/NEJMra035415
5. México. Instituto Mexicano del Seguro Social. Guía de Práctica Clínica Diagnóstico y tratamiento de las Infecciones Asociadas a Dispositivos Ortopédicos Prótesis y/o material de osteosíntesis. México: IMSS; 2013.
6. García M, Martínez A, González M. Infección asociada a implantes ortopédicos. *Lux Médica.* [en línea]. 2019 [citado 1 Sept 2022]; (41): 59-66. doi: 10.33064/41lm20192013
7. Fang C, Wong TM, Lau TW, To KK, Wong SS, Leung F. Infection after fracture osteosynthesis – Part I: Pathogenesis, diagnosis and classification. *J Orthop Surg (Hong Kong).* [en línea]. 2017 [citado 9 Ago 2022]; 25(1): [aprox 13 p] doi: 10.1177/2309499017692712
8. Zhu C, Zhang J, Li J, Zhao K, Meng H, Zhu Y, et al. Incidence and predictors of surgical site infection after distal femur fractures treated by open reduction and internal fixation: a prospective single-center study. *BMC Musculoskelet Disord.* [en línea]. 2021 [citado 8 Ago 2022]; 22(258) [aprox 10 p] doi: 10.1186/s12891-021-04132-9
9. Zimmerli W. Clinical presentation and treatment of orthopaedic implant-associated infection. *J Intern Med.* [en línea]. 2014 [citado 3 Sept 2022]; 276(2): 111-9. doi: 10.1111/joim.12233
10. Matas J. Fracturas Expuestas. En: Orrego M, Morán N. *Ortopedia y Traumatología Básica.* [en línea]. Santiago de Chile: Universidad de los Andes; 2014 [citado 1 Ago 2022]; p. 33-36. Disponible en: <https://www.uandes.cl/wp-content/uploads/2020/03/Ortopedia-y-Traumatologia-Basica.pdf>

11. Orihuela V, Medina F, Fernández L, Peláez P. Incidencia de infección de fracturas expuestas. Reporte de 273 casos. *An Med Asoc Med Hosp ABC*. [en línea]. 2017 [citado 6 Ago 2022]; 67(1): 33-6. Disponible en: <https://www.medicgraphic.com/pdfs/abc/bc-2017/bc171g.pdf>
12. Spitzmüller R, Gümbel D, Güthoff C, Zaatreh S, Klinder A, Napp M, et al. Duration of antibiotic treatment and risk of recurrence after surgical management of orthopaedic device infections: a multicenter case-control study. *BMC Musculoskelet Disord*. [en línea]. 2019 [citado 19 Jul 2022]; 20(184) [aprox 10 p] doi: 10.1186/s12891-019-2574-4
13. Perry KL, Hanssen AD. Orthopaedic Infection: Prevention and Diagnosis. *J Am Acad of Orthop Surg*. [en línea]. 2017 [citado 14 Ago 2022]; 25(1): 4-6. doi: 10.5435/JAAOS-D-16-00634
14. Contreras J, Sepúlveda M. Bases moleculares de la infección asociada a implantes ortopédicos. *Rev Chilena Infectol*. [en línea]. 2014 [citado 4 Ago 2022] 31(3): 309-22. doi: 10.4067/S0716-10182014000300010.
15. Ribeiro M, Monteiro FJ, Ferraz MP. Infection of orthopedic implants with emphasis on bacterial adhesion process and techniques used in studying bacterial-material interactions. *Biomatter*. [en línea]. 2012 [citado 8 Ago 2022]; 2(4): 176-94. doi: 10.4161/biom.22905
16. Ziegler P, Schlemer D, Flesch I, Bahrs S, Stoeckle U, Werner S, et al. Quality of life and clinical-radiological long-term results after implant-associated infections in patients with ankle fracture: a retrospective matched-pair study. *J Orthop Surg Res*. [en línea]. 2017 [citado 21 Ago 2022]; 12(114): [aprox 7 p] doi: 10.1186/s13018-017-0608-x
17. Izadpanah K, Hansen S, Six-Merker J, Helwig P, Südkamp NP, Schmal H. Factors influencing treatment success of negative pressure wound therapy in patients with postoperative infections after Osteosynthetic fracture fixation. *BMC Musculoskelet Disord*. diciembre de 2017;18(1):247.
18. Zhao S, Ye Z, Zeng C, Zhang L, Huang J, Zhang W, et al. Retrospective Analysis of Infection Factors in Secondary Internal Fixation after External Fixation for Open Fracture of a Long Bone: A Cohort of 117 Patients in a Two-Center Clinical Study. *BioMed Research International*. [en línea]. 2022 [citado 26 Ago 2022]; 2022(7284068): [aprox 8 p] doi: 10.1155/2022/7284068
19. Jadranka Maksimović, Marković-Denić L, Bumbaširević M. Surgical Site Infections in Orthopedic Patients: Prospective Cohort Study. *Croat Med J*. [en línea]. 2008 [citado 29 Ago 2022]; 49(1): 58-65. doi: 10.3325/cmj.2008.1.58

20. Doshi P, Gopalan H, Sprague S, Pradhan C, Kulkarni S, Bhandari M. Incidence of infection following internal fixation of open and closed tibia fractures in India (INFINITI): a multi-centre observational cohort study. *BMC Musculoskelet Disord.* [en línea]. 2017 [citado 3 Ago 2022]; 18(156) [aprox 10 p] doi: 10.1186/s12891-017-1506-4
21. Skender K, Machowska A, Singh V, Goel V, Marothi Y, Lundborg CS, et al. Antibiotic Use, Incidence and Risk Factors for Orthopedic Surgical Site Infections in a Teaching Hospital in Madhya Pradesh, India. *Antibiotics.* [en línea]. 2022 [citado 20 Ago 2022]; 11(6):748. [aprox 16 p] doi: 10.3390/antibiotics11060748
22. Moran E, Byren I, Atkins BL. The diagnosis and management of prosthetic joint infections. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* [en línea]. 2010 [citado 27 Ago 2022]; 65(3): 45-54. doi: 10.1093/jac/dkq305
23. Both A, Klatte TO, Lübke A, Büttner H, Hartel MJ, Grossterlinden LG, et al. Growth of *Cutibacterium acnes* is common on osteosynthesis material of the shoulder in patients without signs of infection. *Acta Orthopaedica.* [en línea]. 2018 [citado 17 Ago 2022]; 89(5): 580-4. doi: 10.1080/17453674.2018.1489095
24. Marín M, Esteban J, Meseguer MA, Sánchez-Somolinos M. Diagnóstico microbiológico de las infecciones osteoarticulares. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica.* [en línea]. 2010 [citado 28 Jul 2022]; 28(8): 534-40. doi: 10.1016/j.eimc.2010.02.016
25. Tanner MC, Fischer C, Schmidmaier G, Haubruck P. Evidence-based uncertainty: do implant-related properties of titanium reduce the susceptibility to perioperative infections in clinical fracture management? A systematic review. *Infection.* [en línea]. 2021 [citado 8 Ago 2022]; 49(5): 813-21. doi: 10.1007/s15010-021-01583-z
26. Metsemakers WJ, Morgenstern M, Senneville E, Borens O, Govaert GAM, Onsea J, et al. General treatment principles for fracture-related infection: recommendations from an international expert group. *Arch Orthop Trauma Surg.* [en línea]. 2020 [citado 11 Jul 2022]; 140(8): 1013-27. doi: 10.1007/s00402-019-03287-4
27. Darley E, MacGowan A. Antibiotic treatment of Gram-positive bone and joint infections. *J Antimicrob Chemother.* [en línea]. 2004 [citado 5 Sept 2022] 53(6): 928-35. doi: 10.1093/jac/dkh191
28. Chen A, editor. *Management of orthopaedic infections: a practical guide.* [en línea]. New York: Thieme; 2021. [citado 1 Sept 2022]; Disponible en:

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=2913881&lang=es&site=ehost-live>

29. McLaren AC, Lundy DW. AAOS Systematic Literature Review: Summary on the Management of Surgical Site Infections. *J Am Acad of Orthop Surg.* [en línea]. 2019 [citado 25 Ago 2022 agosto]; 27(16): 717-20. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00653
30. Bertrán Padrós J, Sales Pérez M. Infección aguda en fractura tratada con osteosíntesis. *Rev Esp Traum Lab.* [en línea]. 2019 [citado 1 Sept 2022]; 2(1): 15-9. doi: 10.24129/j.retla.02103.fs1903009
31. Parvizi J, Gehrke T. Segundo Consenso Internacional sobre Infecciones Musculoesqueléticas. [en línea]. Madrid: Imaidea Interactiva; 2019. [citado 21 Ago 2022]; Disponible en: https://www.secot.es/media/docs/consenso_internacional/parte_1_asamblea_general.pdf
32. Foster AL, Moriarty TF, Trampuz A, Jaiprakash A, Burch MA, Crawford R, et al. Fracture-related infection: current methods for prevention and treatment. *Expert Rev Anti Infect Ther.* [en línea]. 2020 [citado 23 Ago 2022]; 18(4): 307-21. doi: 10.1080/14787210.2020.1729740
33. Rupp M, Popp D, Alt V. Prevention of infection in open fractures: Where are the pendulums now? *Injury.* [en línea]. 2020 [citado 5 Ago 2022]; 51: 57-63. doi: 10.1016/j.injury.2019.10.074
34. Uçkay I, Hoffmeyer P, Lew D, Pittet D. Prevention of surgical site infections in orthopaedic surgery and bone trauma: state-of-the-art update. *J Hosp Infect.* [en línea]. 2013 [citado 1 Sept 2022]; 84(1): 5-12. doi: 10.1016/j.jhin.2012.12.014
35. Trampuz A, Widmer AF. Infections associated with orthopedic implants. *Curr Opin Infect Dis.* [en línea]. 2006 [citado 11 Ago 2022]; 19(4): 349-56. doi: 10.1097/01.qco.0000235161.85925.e8
36. Backes M, Dingemans SA, Schep NW, Bloemers FW, Van Dijkman B, Garssen FP, et al. Wound Infections Following Implant removal below the knee: the effect of antibiotic prophylaxis; the WIFI-trial, a multi-centre randomized controlled trial. *BMC Surg.* [en línea]. 2015 [citado 13 Ago 2022]; 15(12): [aprox 6 p] doi: 10.1186/1471-2482-15-12
37. Mathur P, Trikha V, Farooque K, Sharma V, Jain N, Bhardwaj N, et al. Implementation of a short course of prophylactic antibiotic treatment for prevention of postoperative infections in clean orthopaedic surgeries. *Indian J Med Res.* [en línea]. 2013 [citado 11 Ago 2022]; 137(1): 111-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3657872/pdf/IJMR-137-111.pdf>

38. Yan C, Liu Y, Xu Z, Yang H, Li J. Comparison of Antibacterial Effect of Cationic Peptide LL - 37 and Cefalexin on Clinical *Staphylococcus aureus*- induced Infection after Femur Fracture Fixation. *Orthop Surg.* [en línea]. 2020 [citado 21 Ago 2022];12(4): 1313-8. doi: 10.1111/os.12754
39. Osmon DR, Berbari EF, Berendt AR, Lew D, Zimmerli W, Steckelberg JM, et al. Diagnosis and Management of Prosthetic Joint Infection: Clinical Practice Guidelines by the Infectious Diseases Society of America. *Clinical Infectious Diseases.* [en línea]. 2013 [citado 2 Ago 2022]; 56(1) [aprox 25 p] doi: 10.1093/cid/cis803
40. Jia C, Wang X, Yu S, Wu H, Shen J, Huang Q, et al. An antibiotic cement-coated locking plate as a temporary fixation for treatment of infected bone defects: a new method of stabilization. *J Orthop Surg Res.* [en línea]. 2020 [citado 28 Ago 2022 agosto]; 15(44) [aprox 8 p]. doi: 10.1186/s13018-020-1574-2
41. Wang X, Wang S, Xu J, Sun D, Shen J, Xie Z. Antibiotic cement plate composite structure internal fixation after debridement of bone infection. *Sci Rep.* [en línea]. 2021 [citado 2 Sept 2022]; 11(16921) [aprox 6 p]. doi: 10.1038/s41598-021-96522-1
42. Cruz Choappa R, Fernández Clarke G, Perez Gaete S. Infecciones osteoarticulares en pacientes del Hospital del Instituto de Seguridad del Trabajador (IST) de Viña del Mar. Periodo 2012-2013. *Rev Chil Ortop Traumatol.* [en línea]. 2016 [citado 13 Ago 2022]; 57(2): 42-6. doi: 10.1016/j.rchot.2016.04.001
43. Pan C, Zhou Z, Yu X. Coatings as the useful drug delivery system for the prevention of implant-related infections. *J Orthop Surg Res.* [en línea]. 2018 [citado 8 Ago 2022]; 13(220) [aprox 11 p] doi: 10.1186/s13018-018-0930-y
44. Kołpa M, Słowik R, Wałaszek M, Wolak Z, Różańska A, Wójkowska-Mach J. Multimodal strategy in surgical site infections control and prevention in orthopaedic patients – a 10-year retrospective observational study at a Polish hospital. *Antimicrob Resist Infect Control.* [en línea]. 2020 [citado 1 Sept 2022]; 9(1) [aprox 7 p]. doi: 10.1186/s13756-020-0680-6
45. Mella M, Zamora P, Mella M, Ballester J, Uceda P. Niveles de Evidencia Clínica y Grados de Recomendación. *Rev. S. And Traum. Y Ort.* [en línea]. 2012 [citado 14 de Ago de 2022]; 29 (1/2): 59–72. Disponible en: https://www.repositorysalud.es/bitstream/10668/1568/6/Mella_Niveles.pdf
46. Loubet P, Koumar Y, Lechiche C, Cellier N, Schuldiner S, Kouyoumdjian P, et al. Clinical features and outcome of *Streptococcus agalactiae* bone and joint infections over a 6-year

- period in a French university hospital. *Plos One*. [en línea]. 2021 [citado 25 Ago 2022];16(3) [aprox 9 p] doi: 10.1371/journal.pone.0248231
47. González-Vélez AE, Romero-Martín M, Villanueva-Orbaiz R, Díaz-Agero-Pérez C, Robustillo-Rodela A, Monge-Jodra V. El coste de la infección en artroplastia de cadera: estudio de casos y controles emparejado. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*. [en línea]. 2016 [citado 18 Jul 2022]; 60(4): 227-33. doi: 10.1016/j.recot.2016.02.001
48. Gustilo RB, Kyle RF, Templeman DC, Aebi M. Fracturas y luxaciones. 1 ed. Madrid: Mosby/Doyma Libros; 1995
49. Suda AJ, Heilgeist E, Tinelli M, Bischel OE. High early post-operative complication rate after elective aseptic orthopedic implant removal of upper and lower limb. *J Orthop Res*. [en línea]. 2017 [citado 1 Sept 2022]; 36(3): 1035-39 doi: 10.1002/jor.23718
50. Li C, Renz N, Trampuz A, Ojeda-Thies C. The value of conventional radiographs for diagnosing internal fixation-associated infection. *BMC Musculoskelet Disord*. [en línea]. 2021;22(411): [aprox 11 p]. doi: 10.1186/s12891-021-04170-3
51. Moriarty TF, Kuehl R, Coenye T, Metsemakers WJ, Morgenstern M, Schwarz EM, et al. Orthopaedic device-related infection: current and future interventions for improved prevention and treatment. *EFORT Open Rev*. [en línea]. 2016 [citado 13 Ago 2022]; 1(4): 89-99. doi: 10.1302/2058-5241.1.000037
52. Metsemakers WJ, Onsea J, Neutjens E, Steffens E, Schuermans A, McNally M, et al. Prevention of fracture-related infection: a multidisciplinary care package. *International Orthopaedics (SICOT)*. [en línea]. 2017 [citado 2 Sept 2022]; 41(12): 2457-69. doi: 10.1007/s00264-017-3607-y
53. Mauffrey C, Hak DJ, Rojas D, Doan K, Southam BR, Archdeacon MT, et al. Prevention of the Infected Fracture: Evidence-Based Strategies for Success! *Journal of Orthopaedic Trauma*. [en línea]. 2019 [citado 2 Sept 2022]; 33(6): [aprox 5 p] doi: 10.1097/BOT.0000000000001469
54. Masgala A, Chronopoulos E, Nikolopoulos G, Sourlas J, Lallos S, Brilakis E, et al. Risk Factors Affecting the Incidence of Infection after Orthopaedic Surgery: The Role of Chemoprophylaxis. *Cent Eur J Public Health*. [en línea]. 2012 [citado 21 Ago 2022]; 20(4): 252-6. doi: 10.21101/cejph.a3746
55. Ewelina K, Piotr R, Anna GG. Risk factors for surgical site infection in patients after implant-related orthopedic procedures. *Przegl Epidemiol*. [en línea]. 2021 [citado 21 Ago 2022]; 75(3): 332-46. doi: 10.32394/pe.75.30

56. Archer NK, Mazaitis MJ, Costerton JW, Leid JG, Powers ME, Shirtliff ME. *Staphylococcus aureus* biofilms: Properties, regulation, and roles in human disease. *Virulence*. [en línea]. 2011 [citado 21 Ago 2022]; 2(5): 445-59. doi: 10.4161/viru.2.5.17724
57. Ye Z, Zhao S, Zeng C, Luo Z, Yuan S, Li R. Study on the relationship between the timing of conversion from external fixation to internal fixation and infection in the treatment of open fractures of extremities. *J Orthop Surg Res*. [en línea]. 2021 [citado 23 Ago 2022]; 16(662): [aprox 9 p] doi: 10.1186/s13018-021-02814-7
58. Hanson B, van der Werken C, Stengel D. Surgeons' beliefs and perceptions about removal of orthopaedic implants. *BMC Musculoskelet Disord*. [en línea]. 2008 [citado 21 Ago 2022]; 9(73): [aprox 8 p] doi: 10.1186/1471-2474-9-73
59. Walter N, Rupp M, Lang S, Alt V. The epidemiology of fracture-related infections in Germany. *Sci Rep*. [en línea]. 2021 [citado 21 Ago 2022]; 11(10443): [aprox 8 p] doi: 10.1038/s41598-021-90008-w
60. Salter RB. Trastornos y lesiones del sistema musculosquelético: introducción a la ortopedia, fracturas y lesiones articulares, reumatología, osteopatía metabólica y rehabilitación. 3 ed. Barcelona: Masson; 2010.
61. Chen K, Lin J ti, Sun S bo, Lin J, Kong J zhong, Tian N feng. Vacuum-assisted closure combined with a closed suction irrigation system for treating postoperative wound infections following posterior spinal internal fixation. *J Orthop Surg Res*. [en línea]. 2018 [citado 21 Ago 2022]; 13(321): [aprox 8 p] doi: 10.1186/s13018-018-1024-6
62. Sliepen J, Onsea J, Zalavras CG, Depypere M, Govaert GAM, Morgenstern M, et al. What is the diagnostic value of the Centers for Disease Control and Prevention criteria for surgical site infection in fracture-related infection? *Injury*. [en línea]. 2021 [citado 11 Ago 2022]; 52(10): 2879-85. doi: 10.1016/j.injury.2021.08.009
63. Whitehouse J, Friedman D, Kirkland K, Richardson W, Sexton D. The Impact of Surgical-Site Infections Following Orthopedic Surgery at a Community Hospital and a University Hospital: Adverse Quality of Life, Excess Length of Stay, and Extra Cost. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. [en línea]. 2002 [citado 28 Ago 2022]; 23(4): 183-9. doi: 10.1086/502033
64. Li J, Zhu Y, Zhao K, Zhang J, Meng H, Jin Z, et al. Incidence and risks for surgical site infection after closed tibial plateau fractures in adults treated by open reduction and internal fixation: a prospective study. *J Orthop Surg Res*. [en línea]. 2020 [citado 1 Ago 2022]; 15(349) [aprox 10 p] doi: 10.1186/s13018-020-01885-2

65. De La Cruz Monroy MFI, Abdul Z, Khan K, Shariff Z. Is Kirschner Wire (K-wire) Infection Risk Higher when Operated by Junior Surgeons?—Infection Rates of K-wire Fixation in a UK Plastic Surgery Hand Trauma Unit. *Indian J Plast Surg.* [en línea]. 2021 [citado 10 Ago 2022]; 54(2): 235-6. doi: 10.1055/s-0041-1723906
66. Bai Y, Zhang X, Tian Y, Tian D, Zhang B. Incidence of surgical-site infection following open reduction and internal fixation of a distal femur fracture: An observational case-control study. *Medicine.* [en línea]. 2019 [citado 18 Ago 2022]; 98(7): [aprox 5 p]. doi:10.1097/MD.00000000000014547
67. Su J, Cao X. Risk factors of wound infection after open reduction and internal fixation of calcaneal fractures. *Medicine* [en línea]. 2017 [citado 18 Ago 2022]; 96(44): [aprox 5 p] doi: 10.1097/MD.0000000000008411
68. Sun R, Li M, Wang X, Li X, Wu L, Chen Z, et al. Surgical site infection following open reduction and internal fixation of a closed ankle fractures: A retrospective multicenter cohort study. *International Journal of Surgery* [en línea]. 2017 [citado 18 Ago 2022]; 48(1): 86-91. doi: 10.1016/j.ijsu.2017.10.002
69. Bonnevieille P. Operative treatment of early infection after internal fixation of limb fractures (exclusive of severe open fractures). *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* [en línea]. 2017 [citado 18 Ago 2022]; 103(1): 67-73. doi: 10.1016/j.otsr.2016.06.019
70. Sun Y, Wang H, Tang Y, Zhao H, Qin S, Xu L, et al. Incidence and risk factors for surgical site infection after open reduction and internal fixation of ankle fracture: A retrospective multicenter study. *Medicine* [en línea]. 2018 [citado 18 Ago 2022]; 97(7): [aprox 6 p] doi: 10.1097/MD.00000000000009901
71. Shah MQ, Zardad MS, Khan A, Ahmed S, Awan AS, Mohammad T. Surgical Site Infection In Orthopaedic Implants And Its Common Bacteria With Their Sensitivities To Antibiotics, In Open Reduction Internal Fixation. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* [en línea]. 2017 [citado 21 Ago 2022]; 29(1):50-3. Disponible en: <https://jamc.ayubmed.edu.pk/jamc/index.php/jamc/article/view/900/864>
72. Meng J, Sun T, Zhang F, Qin S, Li Y, Zhao H. Deep surgical site infection after ankle fractures treated by open reduction and internal fixation in adults: A retrospective case-control study. *Int Wound J* [en línea]. 2018 [citado 19 Ago 2022]; 15(6): 971-7. doi: 10.1111/iwj.12957
73. Thanni LOA, Aigoro NO. Surgical site infection complicating internal fixation of fractures: incidence and risk factors. *J Natl Med Assoc.* [en línea]. 2004 [citado 19 Ago 2022];

74. Qin S, Zhu Y, Meng H, Zhang J, Li J, Zhao K, et al. Relationship between surgeon volume and the risk of deep surgical site infection (DSSI) following open reduction and internal fixation of displaced intra-articular calcaneal fracture. International Wound Journal [en línea]. 2022 [citado 1 Sept 2022]; 19(5):1092-101. doi: 10.1111/iwj.13705
75. Kuehl R, Tschudin-Sutter S, Morgenstern M, Dangel M, Egli A, Nowakowski A, et al. Time-dependent differences in management and microbiology of orthopaedic internal fixation-associated infections: an observational prospective study with 229 patients. Clinical Microbiology and Infection [en línea]. 2019 [citado 28 Ago 2022]; 25(1):76-81. doi: 10.1016/j.cmi.2018.03.040
76. Nazri MY, Halin YA. Outcome of infection following internal fixation of closed fractures. Med J Malaysia. [en línea]. 2004 [citado 28 Ago 2022]; 59(5): 665-669. Disponible en: http://www.e-mjm.org/2004/v59n5/Infected_Closed_Fractures.pdf
77. Henkelmann R, Glaab R, Mende M, Ull C, Braun PJ, Katthagen C, et al. Impact of surgical site infection on patients' outcome after fixation of tibial plateau fractures: a retrospective multicenter study. BMC Musculoskelet Disord [en línea]. 2021 [citado 28 Ago 2022]; 22(531): [aprox 9 p]. doi: 10.1186/s12891-021-04402-6.
78. Fang C, Wong TM, To KK, Wong SS, Lau TW, Leung F. Infection after fracture osteosynthesis – Part II: Treatment. J Orthop Surg (Hong Kong) [en línea]. 2017 [citado 9 Ago 2022]; 25(1): [aprox 11 p] doi: 10.1177/2309499017692714
79. Lakshmanan P, Dixit V, Reed MR, Sher JL. Infection Rate of Percutaneous Kirschner Wire Fixation for Distal Radius Fractures. J Orthop Surg (Hong Kong) [en línea]. 2010 [citado 18 Ago de 2022]; 18(1): 85-6. doi: 10.1177/230949901001800119
80. Rundgren J, Enocson A, Järnbert-Pettersson H, Mellstrand Navarro C. Surgical site infections after distal radius fracture surgery: a nation-wide cohort study of 31,807 adult patients. BMC Musculoskelet Disord. [en línea]. 2020 [citado 18 Ago 2022]; 21(845): [aprox 10 p] doi: 10.1186/s12891-020-03822-0

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de términos de búsqueda para infecciones asociadas a material de osteosíntesis

DESCRIPTORES	MeSH	CALIFICADORES	OPERADORES LÓGICOS
“Infección asociada a implantes ortopédicos” “Infección relacionada a material de osteosíntesis”	“orthopaedic implant associated infection” “Surgical site infection after internal fixation” “Colonization of medical devices” “Prevention of implant associated infections” “Management of orthopaedic infections” “Risk factors associated surgical site infection after internal fixation”	Infección ortopédica, infección de implantes ortopédicos, infección tras fijación interna, colonización de implantes ortopédicos, biomateriales ortopédicos, prevención de infecciones ortopédicas, manejo de infecciones ortopédicas, factores de riesgo, material de osteosíntesis	AND “Infection” AND “orthopaedic” “Infection” AND “internal fixation” “Infection” AND “surgical site infection” AND “orthopaedic” “Infection” AND “prevention” AND “orthopaedic” “Infection” AND “managament” AND “orthopaedic” “fracture” AND “orthopaedic implant” AND “infection” “internal fixation” AND “Infection” AND “Incidence” “risk factor” AND “orthopaedic implant” AND “infection”
“Factores de riesgo asociados a infecciones relacionados a material de osteosíntesis”			NOT “Infection” NOT “orthopaedic” “Infection” NOT “surgical site infection”
			OR “Internal fixation infection” OR “orthopaedic implant associated infection”

Fuente: elaboración propia.

ÍNDICE ACCESORIO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de fracturas abiertas Gustilo y Anderson	4
Tabla 2.1 Antibióticos Intravenosos para el tratamiento de las infecciones ortopédicas.....	13
Tabla 2.2 Antibióticos orales con adecuada biodisponibilidad para el tratamiento de las infecciones ortopédicas	15
Tabla 3.1 Antimicrobianos para la profilaxis preoperatoria	23

